

Anwendungslösungen zur Simulation von Rechenanlagen auf dem ZRA 1 und zur Bibliographieautomatisierung mit Hilfe des Rechners ODRA

SIEGMAR GERBER

gerber@informatik.uni-leipzig.de

Im Beitrag werden Lösungen für zwei Anwendungsprojekte beschrieben, die in den sechziger Jahren am Institut für Maschinelle Rechen-technik der Leipziger Universität mit Hilfe der Rechenanlagen ZRA 1 bzw. ODRA realisiert wurden.

1 Simulation einer Rechenanlage auf dem ZRA 1

Das an der Leipziger Universität 1962 gegründete Rechenzentrum und spätere Institut für Maschinelle Rechentechnik hatte neben Leistungen in Forschung, Lehre und Weiterbildung, auch Dienstleistungsaufgaben für die wissenschaftlichen Einrichtungen und die Verwaltung der Universität, sowie für die regionale Wirtschaft zu erbringen. Die dafür erforderliche Modellierung und Software wurde von den Institutsmitarbeitern größtenteils selbst entwickelt. Für einige komplexere Projekte mussten Methoden, Beschreibungssprachen und Algorithmen neu entworfen werden, um diese mit Hilfe der damals in Leipzig verfügbaren Rechentechnik überhaupt bearbeiten zu können.

Eines dieser Projekte betraf die Simulation der bei ELREMA (Elektronische Rechenmaschinen) Karl-Marx-Stadt entwickelten Rechenanlage R300 zur Kontrolle des logischen Entwurfs ihres Rechenwerkes und zur Unterstützung ihrer Einsatzvorbereitung. Die Arbeiten wurden auf dem zu dieser Zeit verfügbaren Zeissrechner ZRA 1 durchgeführt.

Aufgrund der geringen Rechenleistung und beschränkten Speicherkapazität des ZRA 1 waren hohe Anforderungen an die Effizienz der Algorithmen und Programme gestellt. Neben der Erkennung von Schaltfehlern sollten auch Taktdiagramme zur Unterstützung der Inbetriebnahme und Wartung der Anlage erzeugt werden.

Simuliert wurde die Ablaufsteuerung der Elementaroperationen des Rechenwerkes, wobei Speicherelemente (Flip-Flop, Register, und Zähler) als black boxes behandelt und nur deren Steuerausgänge in die Simulation eingingen. Die logischen Schaltkreise ohne Speicherverhalten wurden beschrieben durch aussagenlogische Ausdrücke $H(x, y, z)$ in den 0-1-Variablen

- x (zur Festlegung der auszuführenden Operation),
- y (zur Beschreibung der Abhängigkeit des Operationsablaufs von Register- bzw. Zählerzuständen) und
- z (zur Beschreibung der Ausgänge von Flip-Flops) .

Die Werte der Variablen x bleiben für eine gewählte Operation im gesamten Operationsablauf konstant, während die Werte der Variablen y und z sich innerhalb eines Operationsablaufs verändern können.

Der Operationsablauf selbst wurde als taktsynchron vorausgesetzt und die Flip-Flops waren vom Typ RS. Die Steuerausgänge z dieser Flip-Flops mit einem Setzeingang s und einem Rücksetzeingang r können beschrieben werden durch die Taktgleichung

$$(z \wedge \neg r) \vee s \Rightarrow^t z$$

und die Nebenbedingung

$$(r \wedge s) = 0$$

(beide Eingänge sind nicht gleichzeitig gesetzt).

Die Schaltungen an den Eingängen s bzw. r werden durch die Bool'schen Ausdrücke H_s bzw. H_r festgelegt.

Der Datenaustausch zwischen den Registern (Arbeitsspeicher) ist abhängig von den Werten der Variablen y und dem Zustand des aufnehmenden Registers. Die zu transportierenden Daten sind entsprechend der auszuführenden Operation durch die Zustände eventuell mehrerer (Operanden)-Register und (Operations)-Konstanten bestimmt.

Das aufnehmende Register muss dabei bestimmte Bedingungen erfüllen, die ebenfalls durch logische Ausdrücke beschrieben werden können.

Der Transport selbst erfolgt zu einer Taktzeit t und bestimmt die Werte der Variablen y zum nächsten Takt $t+1$.

Da auch die Register eigenen Zeitabläufen unterliegen, unterscheiden wir zwischen Ein- und Ausgangszustand eines Registers, und überführen deren Inhalt jeweils zur Taktzeit.

Zur Simulation eines Taktes sind dann folgende Schritte auszuführen:

1. Bestimmung der Werte der Schaltungsausdrücke H
2. Bestimmung der Registerinhalte zum Takt t
3. Erzeugung der Eingangswerte der Register zum Takt t
4. Bestimmung der Wahrheitswerte der Flip-Flop-Ausgänge z zum Takt $t+1$
5. Überführung der Eingangswerte aller Register in ihre Ausgangswerte

In jedem Takt sind außerdem die Einhaltung der Bedingungen für die am Datenaustausch beteiligten Register und die Schaltbedingungen für die Flip-Flops zu prüfen.

Für jede zu simulierende Elementaroperation wurden ausgehend von den Anfangszuständen der Register und Flip-Flops in jedem Takt alle Zustandsveränderungen der Flip-Flop-Ausgänge und Registerinhalte sowie die aufgetretenen Verletzungen der verschiedenen Nebenbedingungen ausgedrückt.

Da die zu simulierende Anlage um ein vielfaches leistungsfähiger sein sollte als der ZRA 1, waren bei der Schaltungssimulation bald die Kapazitätsgrenzen des ZRA 1 erreicht. Es war deshalb notwendig, den Zeit- und Speicheraufwand für die Realisierung der Takte möglichst gering zu halten.

Dieses wurde einmal dadurch erreicht, dass alle Flip-Flop-Variablen, die bei der jeweils zu simulierenden Operation ihren Anfangswert beibehielten, aus den Schaltungsausdrücken eliminiert wurden. Dadurch reduzierte sich die Anzahl der Variablen in den zu untersuchenden Ausdrücken so stark, dass bei der Wertbestimmung der Schaltungsausdrücke mit kanonischen Normalformen gearbeitet werden konnte.

Zur Bestimmung der an einer Operation beteiligten Flip-Flops mit veränderlichem Ausgang wurden ausgehend von der leeren Menge sukzessive alle diejenigen Flip-Flops bestimmt, deren Ausgang den Wert 0 (bzw. 1) und der Ausdruck H_s am Setzeingang (bzw. der Ausdruck H_r am Rücksetzeingang) erfüllbar ist. Alle Flip-Flops, bei denen die Ausdrücke H_s und H_r nicht erfüllbar sind (d. h., immer den Wert 0 annehmen), behalten ihren Ausgang bei.

Wurden die Flip-Flop-Variablen z der dadurch nicht erfassten (d. h., während des Operationsablaufs unveränderlichen) Flip-Flops in den Schaltkreisausdrücken H durch ihre Anfangswerte ersetzt, verblieben dort meist nur fünf, maximal dreizehn Variable. Danach konnten diese Ausdrücke mit erträglichem Aufwand auf kanonische Normalform gebracht werden, was bei bitparalleler Ausführung logischer Operationen im ZRA 1 zu kurzen Ausführungszeiten führte.

Die Simulation eines Taktes einschließlich Ausgabe aller Registerzustände sowie der Flip-Flop-Zustandsveränderungen beanspruchte auf dem ZRA 1 ca. zwei Minuten, eine elfstellige Festkomma-Addition ca. 20 Minuten und eine Gleitkomma-Multiplikation mit neun Mantissenstellen ca. vier Stunden.

Neben dem eigentlichen Simulationsprogramm wurde ein Änderungsprogramm zur Einarbeitung der nach Fehlererkennung durchgeführten Korrekturen entwickelt, wodurch der Gesamtaufwand für die Simulation weiter reduziert werden konnte.

Für jede Elementaroperation wurden vierzig Berechnungsbeispiele mit jeweils exemplarischen Operanden spezifischen Typs ausgeführt und die Taktprogramme zur Unterstützung von Inbetriebnahme und Wartung der zu entwickelnden Rechenanlage R300 gedruckt.

2 EDV-Projekt Bibliographieherstellung

In einem weiteren Projekt wurde die rechnergestützte Herstellung der Deutschen Nationalbibliographie durch die Deutsche Bücherei Leipzig mit Hilfe der polnischen Rechenanlage ODRA vorbereitet und durchgeführt. Zunächst bezog sich dieses Projekt nur auf die Satzherstellung zum Einsatz lochstreifen- bzw. magnetbandgesteuerter Lichtsetzmaschinen, später wurde es erweitert auf die gesamten zur bibliographischen Bearbeitung erforderlichen Schritte bei Kumulation, Selektion und Katalogisierung der erfassten Titelkomplexe nach unterschiedlichen bibliographischen Kategorien.

Von der Deutschen Bücherei wurde die „Deutsche Nationalbibliographie und Bibliographie des im Ausland erschienenen deutschsprachigen Schrifttums“ bearbeitet und herausgegeben.

Dazu gehören u. a.:

- NA – die Reihe A: Neuerscheinungen des Buchhandels (erscheint wöchentlich);
- NB – die Reihe B: Neuerscheinungen außerhalb des Buchhandels (erscheint 14tägig);
- NC – die Reihe C: Dissertationen und Habilitationsschriften (erscheint monatlich);
- MB – die Deutsche Musikbibliographie (erscheint monatlich);
- BÜ – die Bibliographie der Übersetzungen deutschsprachiger Werke (erscheint vierteljährlich) und
- BB – die Bibliographie der Bibliographien (erscheint monatlich).

Für diese Bibliographien wurden verschiedene Kumulationen erstellt, z. B.:

- JV – das Jahresverzeichnis des deutschen Schrifttums;
- DBV – das Deutsche Bücherverzeichnis;
- HV – das Jahresverzeichnis der deutschen Hochschulschriften;
- JM – das Jahresverzeichnis der deutschen Musikalien und Musikschriften.

Die Deutsche Bücherei Leipzig hatte in den sechziger Jahren einen jährlichen Bestandszuwachs von ca. 110.000 bibliographischen Einheiten, was für die Titelerfassung einem Umfang von etwa 1,2 Millionen Zeichen pro Woche entsprach.

Die Titelerfassung dieser bibliographischen Einheiten erfolgte nach einem international vereinbarten Kategorienschema mit Haupt- und Sekundärkategorien für die jeweils unterschiedliche Kategoriemarken |* benutzt wurden.

Zu den Hauptkategorien zählen u. a.:

Signatur Kat(s) |^s
 Personenkomplex Kat(p) |^p
 Titelteil Kat(t) |^t
 Verlagsteil Kat(v) |^v
 Hochschulteil Kat(h) |^h
 Schlagwortteil Kat(d) |^d
 Systematik Kat(y) |^y
 Statistikteil Kat(z) |^z

Zur Hauptkategorie *Personenkomplex* gehören die Sekundärkategorien:

Primärname Kat(2p) |²
 Sekundärname Kat(3p) |³
 Vorname Kat(4p) |⁴

und zur Hauptkategorie *Titelteil* die Sekundärkategorien:

Primärtitel Kat(1t) |¹
 Sekundärtitel Kat(2t) |²
 Nebentitel Kat(5t) |⁵

Zur Beschreibung der Kategorien wurde eine kontextfreie Grammatik eingeführt.

Die Hauptkategorie *Personenkomplex* besitzt z. B. folgende Syntaxbeschreibung:

```
[Personenkomplex] ::= [ordnungsbildende NV*1] ∨ [Personenkomplex]
                    [N-V-Trenner] 1 | [nichtordnungsbildende NV] |1 ∨
                    1 | [nichtordnungsbildende NV] |1 [N-V-Trenner]
                    [Personenkomplex]

[N-V-Trenner] ::= [leer] ∨ [Zeichenfolge]

[ordnungsbildende NV] ::= [vollständige NV]

[nichtordnungsbildende NV] ::= [vollständige NV] ∨ [unvollständige NV]

[vollständige NV] ::= [Primärname] ∨ [vollständige NV] [NV-teil] ∨
                    [NV-teil] [vollständige NV]

[unvollständige NV] ::= [NV-teil] ∨ [unvollständige NV] [NV-teil]

[NV-teil] ::= [Vorname] ∨ [Sekundärname] ∨ [Verweisungszusatz] ∨
              [Zeichenfolge] ∨ 9 | [Zeichenfolge] |9

[Primärname] ::= 2 | [Zeichenfolge] |2

[Verweisungszusatz] ::= 5 | [Zeichenfolge] |5

[Sekundärname] ::= 3 | [Zeichenfolge] |3

[Vorname] ::= 4 | [Zeichenfolge] |4 ∨ 4 | [leer] |4
```

¹ NV-Namensvariante

Eine Titelaufnahme hatte dann beispielsweise folgende Gestalt:

Signatur

^a| Di 1971 B 3637 |^a

Titel

^p| ²| Günther |² |¹| (geb. ³| Beusch |³ |⁵| [Geburtsname] |⁵) |¹ |⁴| Marliese
|⁴ |^p .

^t| ¹| Einfluß von kolloidalem ⁴| Ferrihexacyanoferrat (II) |⁴ auf Retention
und Toxizität von ⁴| Thallium (I) |⁴ bei der Ratte. |¹ |^t - - Karlsruhe
1971 . 41 gez.Bl., Anh. 4 ^y| 18 |^y |^h| ¹| Karlsruhe |¹ , ⁴| F. f. Bio- u.
Geowiss. |⁴ , ²| Diss. |² v. 12. Febr. 1971 . |^h

Verweisung

^d| Ferrihexacyanoferrat (II) |¹| kolloidales f. Tl2SO4 - Intoxikation |¹ |^d

^d| Tl2SO4 ⁷| s. Thallium (I) - sulfat |⁷ |^d

^d| Thallium (I) - sulfatintoxikation |¹| kolloidales Ferrihexacyanoferrat
(II) |¹ |^d

Für die Erfassung und Verarbeitung der bibliographischen Einheiten waren folgende Schritte erforderlich:

1. Manuelle Titelaufnahme entsprechend der allgemeinen Vorschrift für die handschriftliche Erfassung der Titelkomplexe für die Deutsche Nationalbibliographie auf Datenerfassungsformular.
2. Manuelle Sacherschließung durch genormte Schlagwörter mit Unterschlagwörtern in Kategorien.
3. Maschinelle Erfassung der registrierten Titelkomplexe auf Lochstreifen mit Hilfe spezieller Schreibautomaten. (Neben dem Lochstreifen wird ein Titelkomplexprotokoll und an der ODRA 1204 ein Einheitslochstreifen erzeugt, der in den Rechner R300 eingelesen und auf Magnetband abgespeichert wird.)
4. Sortierung der abgespeicherten Titelkomplexe nach der Gruppeneinteilung der Deutschen Nationalbibliographie und Erzeugung der Eintragungen in verschiedene Bibliographieteile.
5. Ausgabe eines Lochstreifens auf dem R300 und Herstellung eines Satzlochstreifens auf der ODRA 1204 durch ein spezielles Satzprogramm.
6. Herstellung einer Filmrolle mit Hilfe der Lichtsetzanlage Linotron 505, aus der nach einem Korrekturlauf ein Druckstock für den Offsetdruck entsteht.

Die Bearbeitung eines Bibliographieheftes mit 700 Titelkomplexen ohne Herstellung der Filmrolle und ohne Berücksichtigung der Stanzzeiten für die Lochstreifen dauerte ca. vier Stunden.

Im November 1971 wird das erste Heft der Deutschen Nationalbibliographie, Reihe C, nach diesem Verfahren hergestellt. Im gleichen Jahr erscheint auch das Jahresverzeichnis der Hochschulschriften. Die Bibliographie der

Bibliographien folgt 1973. Nach der internationalen Reform der alphabetischen Katalogisierung des Schrifttums werden 1974 die Reihen A und B der Deutschen Nationalbibliographie rechnergestützt herausgegeben.

Die restlichen Bibliographien werden in den Folgejahren entsprechend bearbeitet.

Für die Bibliographien der Reihen NA, NB, NC und BB waren in dieser Zeit jährlich ca. 70.000 Titel à 600 Zeichen aufzunehmen. Für alle Bibliographien ergaben sich hochgerechnet 100 Millionen Zeichen.

Auf den damals am R300 eingesetzten Magnetbändern mit einer Schreibdichte von 20 Zeichen pro Millimeter konnten auf einem 750m-Band acht bis zehn Millionen Zeichen gespeichert werden. Bei den später benutzten ESER-Anlagen mit einer Schreibdichte von 32 Zeichen pro Millimeter konnten pro Band etwa 15 Millionen Zeichen gespeichert werden.

Die damals jährlich anfallenden Monatshefte füllten drei Magnetbänder. Ebenfalls drei Bänder waren für die Jahresverzeichnisse und zwei weitere Bänder für Stichwort- und Schlagwortregister notwendig. Da bei Magnetbändern schon nach relativ kurzer Zeit mit Datenverlust zu rechnen war, mussten die Bänder turnusmäßig kontrolliert und neu beschrieben werden.

Für die Sortierung der abgespeicherten Titelkomplexe nach verschiedenen Kriterien entsprechend der herzustellenden Bibliographie wurden Mischsortierverfahren verwendet, die für 10.000 Titelkomplexen am R300 über drei Stunden in Anspruch nahmen.

Rechnergestütztes Recherchieren war mit Magnetbändern allenfalls im Stapelbetrieb vertretbar. Dialogrecherche wurde erst später mit dem Einsatz von Magnetplattenspeichern möglich.

3 Literatur und Internetquellen

- [1] LEHMANN, M. ET AL. (1963): The checking of computer logic by simulation on computer. *Computer Journal* 6 (2), S. 154-162.
- [2] ROHLEDER, H. ET AL. (1965): Kontrolle eines Schaltungsentwurfes durch Simulation mit einem Digital-Rechner. *msr* 8 (12), Heft 12, S. 431-434.
- [3] ROST, G. & TEWS, G. (1972): Das EDV-Projekt „Bibliographieherstellung“ der Deutschen Bücherei. In: *Jahrbuch der Deutschen Bücherei, Jahrgang* 8, S. 29-61.
- [4] TOMASELLI, G. & KAHNT, G. (1978): Rechentechnische Probleme bei der Verarbeitung großer Mengen bibliographischer Daten. In: *Bibliographie aktuell DB*, S. 96-104.